

Pembuatan Barium Strontium Titanat ($\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$) menggunakan Metode Ko-presipitasi dengan Variasi Waktu Tahan Proses Sintering

Friska Juliana Hutaeruk,* Kusumandari, dan Yofentina Iriani†

Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta, Jl. Ir. Sutami No. 36 A, Surakarta 57126

Intisari

Pembuatan material feroelektrik Barium Strontium Titanat ($\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$) berhasil dilakukan menggunakan metode ko-presipitasi. Barium 0,75 strontium 0,25 dan titanium tetrabutoxide dihomogenisasikan pada temperatur ruang dan diendapkan selama kurang lebih satu malam, dikeringkan hingga sampel dibentuk bulk. Sampel BST disintering pada temperatur 900°C dengan variasi waktu tahan 1 jam dan 4 jam. Variasi waktu tahan dimaksudkan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat feroelektrik $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$. Karakterisasi dilakukan dengan alat X-Ray Diffraction (XRD), sumber radiasi Cu dengan panjang gelombang $1,5406 \text{ \AA}$. Sampel dicocokkan dengan data base *International Commission Data Diffraction* (ICDD) dan dilakukan penghalusan menggunakan metode Rietveld melalui software GSAS. Outputnya berupa nilai parameter kisi $a = b \neq c$. Pada saat waktu tahan 1 jam $a = b = 0,397930 \text{ nm}$ dan $c = 0,398525 \text{ nm}$ sedangkan pada saat waktu tahan 4 jam $a = b = 0,398440 \text{ nm}$ dan $c = 0,398870 \text{ nm}$. Konstanta dielektrik yang dihasilkan pada saat waktu tahan 1 jam dan 4 jam adalah masing-masing 79 dan 119 pada frekuensi 100 KHz.

ABSTRACT

Deposition of ferroelectric materials Barium Strontium Titanate ($\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$) have been prepared successfully by co-precipitation methods. Barium 0,75 strontium 0,25 and titanium tetrabutoxide were homogenized at room temperatures and kept overnight, filtered and made bulk samples. BST samples was sintered at 900°C by 1 hour and 4 hours. Variation of holding times intended to determine the influence on ferroelectric characteristics of $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$. Characterization was carried out by X-Ray Diffraction (XRD) instruments with source radiation Cu $1,5406 \text{ \AA}$. Samples were fitted in with *International Commission Data Diffraction* (ICDD) database and were carried out refinement with rietveld methods by GSAS. The output of refinement is lattice parameters $a = b \neq c$. On holding times 1 hours $a = b = 0,397930 \text{ nm}$ dan $c = 0,398525 \text{ nm}$ and on holding times 4 hours $a = b = 0,398440 \text{ nm}$ dan $c = 0,398870 \text{ nm}$. The electrical constant was carried out on holding times 1 hours and 4 hours, respectively 79 and 119 at frequency 100 KHz.

KATA KUNCI: Holding times of sintering, Ferroelectrics, Barium Strontium Titanat, Co-precipitation methods
<http://dx.doi.org/10.12962/>

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini aktivitas manusia sangat memanfaatkan perangkat elektronik guna melancarkan mobilitasnya. Misalnya, telepon genggam, komputer, dan lain sebagainya. Perangkat elektronik tersebut hampir semuanya menggunakan komponen elektronik pasif, salah satunya adalah kapasitor. Kapasitor merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan muatan atau energi. Kapasitor membutuhkan energi dengan kapasitas tinggi agar dapat menyimpan muatan. Semakin besar kapasitas yang dimilikinya maka kemampuannya dalam menyimpan suatu muatan juga tinggi.

Kapasitor merupakan komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan serta memiliki performa yang tinggi dan

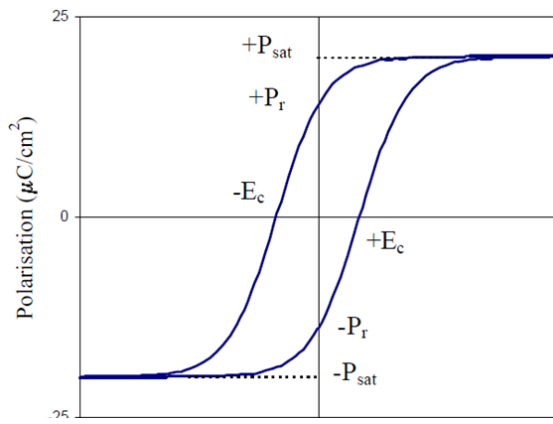
harga yang murah [1]. Kapasitor tersusun atas dua keping konduktor dan dipisahkan oleh bahan dielektrik. Bahan dielektrik merupakan bahan yang memiliki daya hantar kecil. Bahan dielektrik mempengaruhi besar kapasitas kapasitor dengan nilai konstanta dielektrik tertentu. Jika konstanta dielektriknya semakin besar maka kapasitas kapasitor akan semakin besar.

Salah satu sifat bahan dielektrik adalah feroelektrik. Material feroelektrik merupakan suatu bahan yang memiliki polarisasi spontan tanpa adanya gangguan medan listrik dari luar bahan dengan temperatur Curie (T_c). Contoh material feroelektrik adalah barium titanat (BT), barium strontium titanat (BST), dan plumbum zirkonium titanat (PZT) dengan konstanta dielektrik tinggi sehingga memiliki kapasitas penyimpanan muatan yang tinggi. Penelitian ini digunakan material BT dengan penambahan material strontium. BT memiliki struktur perovskite dengan konstanta dielektrik yang tinggi dan ramah lingkungan [1–4].

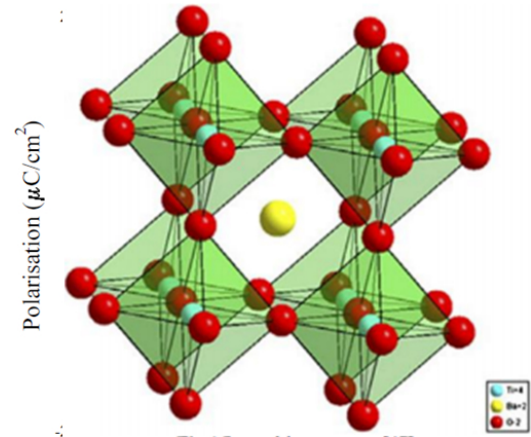
Struktur perovskite dapat menentukan polarisasi spontan pada temperatur tertentu. Jika polarisasi spontan dihubungkan

*E-MAIL: fjuliana92@gmail.com

†E-MAIL: yopen.2005@yahoo.com



Gambar 1: Kurva Histeresis [11].



Gambar 2: Struktur Perovskite BaTiO3 [12].

dengan medan listrik maka dapat membentuk kurva histeresis khas material feroelektrik. Penambahan material lain pada BT diketahui dapat meningkatkan sifat-sifat feroelektrik BT [5, 6].

Penelitian menggunakan material BST dengan metode ko-presipitasi telah dilakukan pada temperatur kalsinasi 700°C selama 2 jam menghasilkan ukuran partikel 0,2-2 µm menggunakan alat XRD [7]. Dengan metode yang sama pada temperatur pyrolisis 750°C selama 4 jam, diperoleh konstanta dielektrik yang tinggi 9500 menggunakan alat RLC meter [8].

Temperatur sangat mempengaruhi struktur mikro dan konstanta dielektrik suatu material. Perubahan tersebut berdampak pada perubahan sifat fisis dan mekanik material. Pada penelitian ini dilakukan perlakuan panas jenis sintering. Proses sintering memiliki beberapa tahapan, salah satunya adalah tahap penahanan yang dipengaruhi oleh waktu tahan [9]. Performa kapasitor dapat meningkat jika ukuran diameter partikel diperkecil [1]. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode ko-presipitasi dengan variasi waktu tahan proses sintering. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan sifat-sifat feroelektrik BST. Penelitian ini diharapkan juga dapat menambah pengetahuan tentang pengaruh variasi waktu tahan terhadap material feroelektrik khususnya barium strontium titanat.

Bahan dielektrik merupakan bahan isolator yang dapat meningkatkan kapasitansi kapasitor. Nilai yang terukur oleh RLC meter adalah nilai kapasitansi yang dihasilkan oleh kapasitor. Semakin besar nilai kapasitansi yang dihasilkan oleh kapasitor maka konstanta dielektrik semakin besar. Hal ini dirumuskan dengan:

$$K = \frac{C'd}{\epsilon_0 A} \quad (1)$$

dengan, K merupakan konstanta dielektrik, d merupakan ketebalan bahan dielektrik (m), C' merupakan kapasitansi, A merupakan luas penampang sampel, ϵ_0 merupakan permitivitas udara ($8,85 \times 10^{-12}$ F/m) [10].

BT memiliki nilai K sangat tinggi karena memiliki struktur asimetris. Pada saat karakterisasi sifat listrik

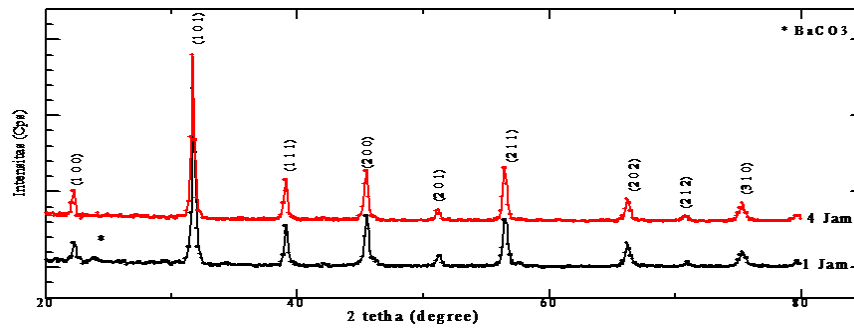
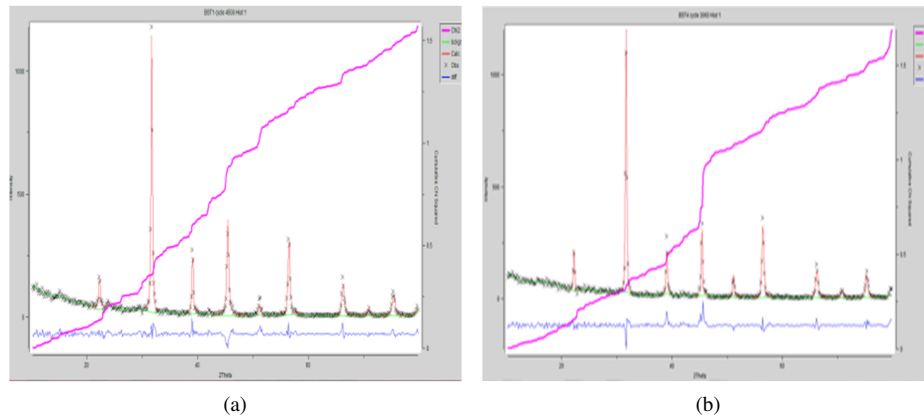
frekuensi mempengaruhi konstanta dielektrik tergantung pada mekanisme polarisasi. Sifat feroelektrik BT dilihat dari bentuk kurva histeresis. Kurva histeresis merupakan kurva yang menghubungkan polarisasi dan medan listrik. Medan listrik sebanding dengan orientasi polarisasi. Semakin besar medan listrik diberikan maka akan mampu membalikkan orientasi polarisasi hingga membentuk loop histeresis [6]. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 1.

Material feroelektrik umumnya memiliki struktur kristal perovskite [5]. Struktur kristal perovskite BT digambarkan pada Gambar 2. Struktur perovskite merupakan struktur yang menunjukkan adanya peristiwa polarisasi spontan saat berada pada temperatur tertentu. Rumus umum perovskite adalah ABO_3 . A merupakan logam monovalen atau divel terletak di setiap sudut unit sel, B merupakan tetravalen atau pentavalen terletak pada body center unit sel, dan O merupakan oksigen terletak pada face center unit sel. Penelitian ini dilakukan penambahan strontium pada BaTiO₃. Berdasarkan jari-jari atomnya, atom strontium akan menggantikan posisi barium sehingga diharapkan dapat menambah sifat-sifat feroelektrik dari BT [13, 14].

Penelitian ini menggunakan metode ko-presipitasi. Hal yang menarik dari metode ini dibanding dengan metode lain karena memiliki prosedur yang lebih mudah dilakukan dan memerlukan temperatur reaksi yang rendah (<1000°C). Metode ini pertama kali dipublikasikan pada tahun 1925 oleh Welo dan Baudish. Metode ini merupakan proses kimia dengan membawa zat terlarut ke bawah sehingga terbentuk endapan yang diinginkan [15]. Dengan metode ini dapat menghasilkan ukuran kristal yang lebih kecil dibandingkan metode lain seperti metode solid state reaction. Ukuran kristal dapat dihitung dengan menerapkan pendekatan Scherrer pada persamaan berikut :

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2)$$

dengan, D merupakan ukuran kristal, K merupakan faktor bentuk kristal bernilai 0,9-1, λ merupakan panjang gelombang sinar-x bernilai 1,54056 Å dan β merupakan nilai *Full Width at Half Maxima* (FWHM) [16].

Gambar 3: Pola difraksi $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ Variasi waktu Tahan.

Gambar 4: Hasil refinement dengan GSAS.

II. METODE PENELITIAN

Pembuatan material $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ dilakukan menggunakan metode ko-presipitasi. Metode ini diawali dengan penimbangan bahan-bahan yang akan digunakan, bahan-bahan tersebut dicampur secara homogen menggunakan magnetik stirer. Selanjutnya, larutan tersebut diendapkan selama kurang lebih satu malam. Proses pengendapan ini disebut dengan metode ko-presipitasi. Larutan dicuci, disaring dan dikeringkan maka diperoleh bubuk Barium Strontium Titanate Oxalate (BSTO). Bubuk BSTO di sintering menggunakan alat furnace pada temperatur 900°C dengan variasi waktu tahan 1 jam dan 4 jam. Hasilnya yang diperoleh berupa serbuk $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$. Serbuk $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ dikarakterisasi menggunakan alat XRD untuk melihat struktur mikronya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan material $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ telah berhasil dilakukan. Hasil pengujian dengan alat XRD untuk variasi waktu sintering ditunjukkan pada Gambar 3. Semakin lama waktu sintering maka intensitas yang dihasilkan semakin tinggi. Hasil yang diperoleh dianalisa menggunakan database *International Commission Data Diffraction* (ICDD). Puncak-puncak yang muncul merupakan milik barium strontium ti-

TABEL I: Parameter kisi dan Tetragonalitas hasil refinement $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$.

Waktu tahan (jam)	B a = b (nm)	a _{0,75} Sr _{0,25} TiO ₃ c (nm)	c/a
1	0,397930	0,3985245	1,001500
4	0,398440	0,3988700	1,001080

tanat.

Untuk mengetahui dugaan awal puncak-puncak pola difraksi dilakukan *refinement* menggunakan software GSAS. Software GSAS menerapkan metode rietveld. Metode ini dilakukan dengan membandingkan data hasil observasi dengan hasil refinement menggunakan software GSAS. Perbandingan ini ditunjukkan oleh nilai chi-least square (χ^2). Pada Gambar 4 nilai chi-square ditunjukkan oleh garis merah muda, semakin linear nilai *chi-least square* semakin mendekati 1 maka data hasil observasi semakin normal. Dari data *refinement* menggunakan software GSAS menunjukkan bahwa data diduga milik BST.

Selain itu juga melalui metode rietveld dapat diketahui nilai parameter kisi material $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$. Nilai masukan dari metode ini a = b = 3,977 Å, c = 3,988 Å pada sudut 90° dengan space group p 4 m untuk sistem kristal tetragonal.

Tabel I menunjukkan nilai parameter kisi dan tetragonalitas material $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ dari hasil refinement menggu-

TABEL II: Ukuran kristal $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$.

Waktu tahan (jam)	Ukuran Kristal (nm)	Kristali- nitas
1	35,649	96,782 %
4	30,423	98,273 %

TABEL III: Konstanta dielektrik $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$.

Waktu tahan (jam)	Konstanta Dielektrik
1	79
4	119

nakan GSAS. Nilai parameter kisi yang dihasilkan semakin besar seiring dengan penambahan waktu tahan. Karena semakin besar waktu tahan maka intensitas semakin tinggi sehingga menyebabkan parameter kisi semakin besar. Kekristalan suatu material dipengaruhi oleh c/a , jika c/a lebih dari 1 maka material tersebut memiliki struktur kristal tetragonal. Dari data tersebut maka material $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ memiliki struktur kristal tetragonal. Tabel II menunjukkan ukuran kristal dan derajat kristalinitas dari material $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$. Ukuran kristal diperoleh dengan menerapkan Pers.(2). Semakin besar waktu tahan yang diberikan ukuran kristal dari material $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ semakin kecil. Hal ini karena semakin tinggi waktu tahan yang diberikan nilai parameter

kisi semakin besar sehingga ukuran kristal semakin kecil. Derajat kristalinitas menunjukkan keteraturan kristal. Hasil yang diperoleh bahwa kristalinitas $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ semakin tinggi seiring dengan penambahan waktu tahan. Sehingga tingkat keteraturan kristal material $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ semakin meningkat seiring penambahan waktu tahan yang diberikan.

Tabel III menunjukkan konstanta dielektrik. Nilai yang terukur oleh RLC meter adalah nilai kapasitansi kapasitor. Sehingga dengan menerapkan Pers.(1) maka dapat diperoleh nilai konstanta dielektrik yang dihasilkan $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$. Berdasarkan Pers.(1), nilai kapasitansi berbanding lurus dengan konstanta dielektrik. Kapasitansi material $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$ meningkat seiring penambahan waktu tahan, begitu pun juga dengan konstanta dielektrik yang dihasilkan semakin meningkat.

IV. SIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa saat waktu tahan mempengaruhi struktur mikro dan konstanta dielektrik material $\text{Ba}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{TiO}_3$. Perubahan yang ditunjukkan pada struktur mikro adalah ukuran kristal semakin kecil saat waktu tahan ditingkatkan, parameter kisi serta derajat kristalinitas semakin besar saat waktu tahan ditingkatkan. Sedangkan konstanta dielektrik yang dihasilkan semakin besar saat waktu tahan ditingkatkan.

-
- [1] S. Bambang, *dkk.*, Sintesis Barium Titanat (BaTiO_3) Nano Partikel Fasa Tetragonal Menggunakan Metode Proses Prekursor, *Jurnal Riset Industri*, **3**(2), 128-132 (2009).
 - [2] A. Bassano, *et al.*, *J Nanopat. Res.*, **12**, 623-633 (2000).
 - [3] Y. Iriani, L. Setyaningsih, A. Jamaluddin, *Indonesian Journal of Applied Physics*, **2**(2), 170 (2012).
 - [4] T. Jordan, & Z. Ounaies, *ICASE Report*, 2001-28 (2014).
 - [5] Istiqomah, Meisya, A. Jamaluddin, Y. Iriani, *Fisika Indonesia*, **18**(53), 1410-2994 (2014).
 - [6] D. Saputri, *dkk.*, *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, **9**(2), 48-51 (2013).
 - [7] S. Suasromo, *et al.*, *European Ceramic Society*, **20**, 309-314 (1999).
 - [8] Y. Kholam, *et al.*, *Material Characterization*, **54**, 63-74 (2005).
 - [9] R.A. Suryana, *dkk.*, *Proses Teknologi Pembuatan Paduan Logam Zirkonium (Zircaloy) dengan Metode Metalurgi Serbuk*, Prosiding, Presentasi Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir, pp. 166-172. ISSN 1410-1998, 1996.
 - [10] Kamajaya, *Cerdas Belajar Fisika Untuk Kelas XII Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah Program Ilmu Pengetahuan Alam* (Grafindo Media Pratama, 2007)
 - [11] M. Stewart, & M. Cain, *Ferroelectric Hysteresis Measurement & Analysis*, National Physical Laboratory. Report CMMT (A), 152, 1999.
 - [12] M. Enhassari, *et al.*, *International Journal Of Nano Dimension*, **2**(2), 85-103 (2011).
 - [13] R.E. Smallman, & R.J. Bishop, *Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material* (Edisi 6, Erlangga, 1999)
 - [14] C.B. Carter, & M.G. Norton, *Ceramic Materials Science and Engineering* (Springer Science, 2007).
 - [15] A.R. West, *Solid State Chemistry and Its Applications* (John Wiley & Sons, 1984).
 - [16] F. Edwin, *dkk.*, *Sintesis Nano Kristalin Komposit Alumina-Zirkonia Dengan Template Pulp Oryza Satia Melalui Metode Kalsinasi Prekursor*, *Riset Industri*, **5**(1), 79-86 (2011).